

Таблица 2. Технические требования к добавке активной минеральной шлаковой (ДАМШ) на основе стабилизированного шлака низкоуглеродистого феррохрома

Наименование показателя	Значение показателя
Активность минеральной добавки по статистическому показателю прочности (критерий Стьюдента), не менее	2,07
Водостойкость, суток, не менее	3
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	1200
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г, не менее	4500

Таким образом, проведенные минералого-петрографические исследования позволили спрогнозировать вяжущие свойства стабилизированного шлака низкоуглеродистого феррохрома, которые были подтверждены дальнейшими исследованиями технологических характеристик данного продукта. Вяжущие свойства шлака обеспечиваются наличием в его составе силикатов кальция и магния, кристаллизующихся при охлаждении шлакового расплава в присутствии добавки стабилизатора – борного ангидрида. В результате была разработана технология производства новой активной минеральной добавки, обеспечивающая утилизацию шлаков низкоуглеродистого феррохрома ОАО «ЧЭМК».

*Работа выполнена в соответствии с Государственным контрактом Министерства образования и науки Российской Федерации № П1135 от 02.06.2010 г. по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., в рамках реализации мероприятия № 1.3.1 Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Тимашев В.В.* Избранные труды. Синтез и гидратация вяжущих материалов. М.: Наука, 1986. 424 с.
2. *Перепелицын В.А.* Основы технической минералогии и петрографии. М.: Недра, 1987. 255 с.

## ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА В НЕКОТОРЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО ИЗВЛЕЧЕНИЕ

*Власов Н.Г.<sup>1</sup>, Орлова Н.И.<sup>2</sup>, Ожогин Д.О.<sup>2</sup>, Чистякова Н.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ОАО «Петропавловск», Благовещенск  
<sup>2</sup> ВИМС, Москва

Перспективы добычи золота в Амурской области в настоящее время связывают с освоением коренных золоторудных месторождений, общие запасы которых составляют первые сотни тонн, а прогнозные ресурсы достигают тысячи тонн [5]. Промышленный интерес представляют как первичные, так окисленные, и полуокисленные руды. При этом если вопрос извлечения самородного, даже очень тонкого, золота из окисленных руд – давно решенная проблема, то извлечение тонкого и тонкодисперсного золота из первичных руд различных формаций – один из кардинальных вопросов современной технологии.

Золоторудные месторождения Маломир и Албын расположены на северо-востоке Амурской области в Верхнеселемджинском золоторудном районе, занимающем самую западную часть Приохотского звена Монголо-Охотской геосинклинальной складчато-надвигово-блоковой системы.

Комплексом минералого-аналитических методов изучены руды месторождений Маломир и Албын, установлена форма нахождения в них золота, характер его распределения и взаимоотношения с рудными и породообразующими минералами.

**Маломирское рудное поле** расположено в западной части Селемджино-Кербинской металлогенической зоны Джагдинской провинции Монголо-Охотского золотоносного пояса [3], объединяющей зонально-метаморфизованные в филлитовой, зеленосланцевой фациях вулканогенные и терригенные отложения палеозоя, образующих систему линейных, купольных и межкупольных складчатых структур.

Комплекс континентально-осадочных метаморфизованных отложений, слагающих Маломирское рудное поле, отнесен к златоустовской свите среднего карбона (C<sub>2</sub>ZI), отложения которой представлены преимущественно переслаиванием сланцев различного состава: кварц-слюдистых, полевошпат-кварц-слюдистых, хлорит-полевошпат-кварцевых, слюдисто-кварцевых с примесью углерода, слюдисто-кварцевых с редкими прослоями кварцитов, а также кварц-полевошпат-слюдисто-карбонатных, эпидот-хлорит-полевошпат-карбонат-кварцевых сланцев. По данным химического анализа органическое вещество зафиксировано в незначительном количестве (до 1%). В пределах месторождения отложения свиты характеризуются тонким переслаиванием всех разновидностей указанных выше пород, невыдержанной мощностью и составом слоев,

как по падению, так и по простиранию. Мощность прослоев вышеперечисленных пород от первых сантиметров до первых метров, изредка достигает 10-12 м. Все породы интенсивно окварцованы и серицитизированы – до серицит-кварцевых и кварцевых метасоматитов. Отмечается постепенное, хотя и незначительное, возрастание степени метаморфизма от восточной части площади по направлению к северу и западу.

На глубоких горизонтах вскрываются дайки дацитов и андезитов раннемелового унериканского комплекса. Протяженность даек составляет 30-600 м при мощности от десятков см до 5-7 метров, редко достигая 12-15 м. Залегают дайки среди рассланцованных и катаклазированных сланцев и, как правило, не несут оруденения.

Основное залегание пород – субширотное, согласное Маломирской антиклинали; её южное крыло, к которому и приурочено месторождение, осложнено многочисленными складчатыми и разрывными структурами более мелкого порядка. Породы осадочной толщи здесь интенсивно перемяты и передроблены.

Главной тектонической рудоконтролирующей и рудовмещающей структурой месторождения является Диагональный разлом – надвиг северо-восточного простирания с падением на северо-запад, пересекающий всю площадь месторождения. К нему и приурочены основные запасы месторождения: участки Центральный и Ожидаемый. В плане рудные тела формируют структуру «конского хвоста» с постепенным затуханием оруденения с востока на запад (от Диагонального надвига).

На месторождении Маломир рудные тела, выделенные по результатам опробования, практически близки по вещественному составу с небольшими вариациями. В целом это зоны прожилковой, прожилково-вкрапленной и вкрапленной золото-сульфидной и тонкопрожилковой золото-кварцевой минерализации, приуроченной, в основном, к интенсивно раздробленным, неравномерно брекчированным сланцам, чаще всего измененным до метасоматитов (березитов): серицит-кварцевых, кварцевых, полевошпат-слюдисто-кварцевых и др. с различным количеством сульфидов – от 2-3% до 20-25%; последнее характерно для наиболее глубоких горизонтов первичных руд. Характерно, что на Маломирском участке достаточно широко распространены хлорит-слюдисто-кварцевые и хлорит-полевошпат-кварцевые сланцы, интенсивно окварцованные, иногда до кварцевых метасоматитов, но эти образования, как правило, золота не содержат.

Прожилково-вкрапленные золото-сульфидные руды имеют длительную историю развития. Они сформировались в результате многостадийного рудообразования и неоднократных последующих пострудных изменений. В связи с этим в рудах наблюдается сложный характер взаимоотношений минеральных агрегатов и распределения золота, одновременные минеральные ассоциации и генерации главных рудообразующих минералов.

В целом по рудному полю отмечается чрезвычайно сложный и разнообразный минеральный состав руд, выделено более 80 минералов. Много арсенатов, сульфосолей (до 27 сульфосолей по разным разрезам), в том числе никеля, кобальта, меди, свинца и серебра. Очень много различных сульфидов.

В нижних частях разреза выделяются минералы никеля, кобальта (только в первичных рудах), а в верхних – различные сульфосоли свинца и серебра; очень много блеклых руд, распределение которых неравномерно по всем рудам, как первичным, так и окисленным. Характерно значительное количество различных карбонатов, распространение которых крайне неравномерно. По карбонатам выявлена отчетливая зональность. В нижних частях разреза, как правило, выделяются доломит и марганцевый доломит, вверх по разрезу (средняя часть разреза) характерен сидерит и марганцевый сидерит, а в верхней части разреза – анкерит. Кальцит является сквозным наиболее поздним наложенным минералом.

При изучении вещественного состава руд и вмещающих пород было выявлено, что более 60% всей рудной массы слагают кварц, различные слоистые алюмосиликаты (серицит, мусковит, стильпномелан, реже биотит и вермикулит), отмечается переменное количество плагиоклазов (от 6 до 32%), незначительное содержание ортоклаза (до 4-5%), очень неравномерно распределен хлорит (от 1-2 до 15%). Изредка отмечаются пироксен, эпидот, актинолит.

Также встречается значительное количество мусковита (серицита). Отдельные участки породы практически полностью представляют собой кварц-серицитовый или кварц-мусковитовый агрегат с включениями карбонатов и единичными точечными вкрапленниками хлорита. Характерен тальк, иногда пирофиллит.

Из аксессуарных минералов зафиксированы: монацит, малакон, циркон, рутил, апатит, сфен и лейкоксеновый агрегат (последний только в окисленных рудах).

Комплексное минералого-аналитическое изучение золото-умеренно-сульфидного и золото-кварцевого оруденения месторождения Маломир показало, что формирование руд происходило в несколько этапов. Современный облик руд сложился в ходе, главным образом, гидротермально-метасоматического процесса и последующих гипергенных преобразований. Это определяет довольно сложный текстурно-структурный рисунок руд, нередко завуалированный пострудными преобразованиями, их полиминеральный состав, обусловленный присутствием разновозрастных минеральных ассоциаций и генераций рудообразующих минералов, которые нередко отличаются присущими только им микро-парагенезисами, идентифицируемыми прецизионными методами исследования. И как следствие - для руд типичен сложный характер распределения золота.

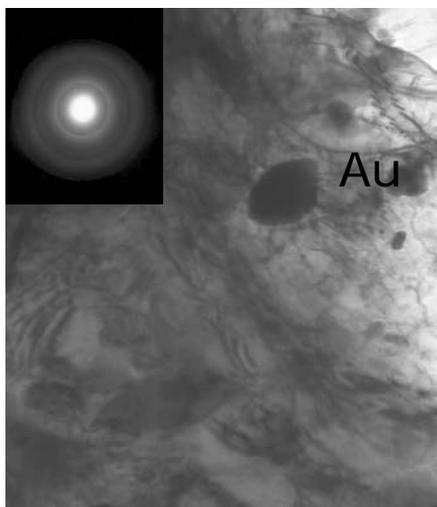
В формировании золоторудной минерализации Маломирского рудного поля можно выделить три основные стадии: дорудная (силикатно-карбонатный и полевошпат-карбонат-силикатный метасоматоз); рудная (образование прожилково-вкрапленных золото-умеренно-сульфидных руд) и пострудная (кальцит-кварцевые

жилы и прожилки). В свою очередь в рудной стадии выделяется три подстадии и, соответственно им, три минеральные ассоциации. На основании изучения текстурно-структурных особенностей руд и характера взаимоотношения минералов выделены три основные рудные минеральные ассоциации: марказит-пиритовая, сфалерит-арсенопирит-пиритовая и арсенопирит-пиритовая. Пирит и арсенопирит разных генераций отличаются друг от друга особенностями состава и строения, в том числе содержанием и характером локализации микро- и нанометрового золота и других минералов-примесей. Эти ассоциации соответствуют определенным стадиям рудного процесса, сопровождаемого березитизацией вмещающих пород: ранней (дорудной), продуктивной и поздней (пострудной), что, в свою очередь, предопределило зональность месторождения [4].

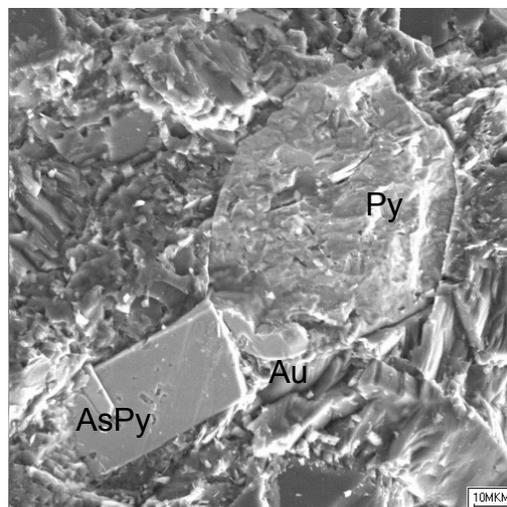
Каждая выделенная парагенетическая минеральная ассоциация характеризуется своеобразием текстурно-структурных особенностей, постоянным набором породо- и рудообразующих минералов, отличающихся четкими индивидуальными чертами, присущими минералам только данного парагенезиса, температурными условиями образования, а также их последовательностью, возрастными и пространственными взаимоотношениями. Каждой выделенной минеральной ассоциации соответствуют определенные генетические разновидности кварца, пирита, пирротина, халькопирита, сфалерита, галенита, арсенопирита, магнетита, сидерита, анкерита, типоморфные признаки которых содержат в себе информацию относительно процессов и условий рудообразования золото-сульфидных руд [1].

На более глубоких горизонтах месторождения максимально проявлена ранняя стадия рудного процесса. Наряду с «моховидными» марказит-пиритовыми агрегатами в подчиненном количестве в виде включений присутствуют пирротин, сфалерит, магнетит, халькопирит, титаномагнетит, рутил, ильменит, сульфиды и арсениды никеля и кобальта. Незначительное количество тонкодисперсного самородного золота отмечается в «моховидных» агрегатах и пирите I генерации.

Продуктивная стадия рудного процесса наиболее широко проявлена в центральной (средней) части месторождения и с ней связана основная часть золота в минерализованных зонах дробления. Структура этих руд гранобластовая, порфириобластовая, обусловленная крупными (до 1 мм) выделениями пирита II генерации и арсенопирита I генерации. Чаше всего в них встречается сфалерит второй генерации, кобальтин, коринит, теннантит. Свободное золото имеет размер: 10-100 нм, тысячные и первые сотые доли миллиметра и, в основном, встречается в пирите II (до 10-30 г/т) и арсенопирите I (до 100-200 г/т), а также в слоистых алюмосиликатах (шилкините – рис. 1), кварце и реже в углеродистом веществе. В сростках или межзерновом пространстве имеет комковатую, пластинчатую и дендритоовидную форму, а в сульфидах и на поверхности пирита или на границе пирита и арсенопирита – чешуйчатую, каплевидную, рисовидную форму (рис. 2).



**Рис. 1. Самородное золото в слоистом алюмосиликате**



**Рис. 2. Золото на границе зерен пирита и арсенопирита**

Поздняя стадия рудного процесса проявлена на верхних горизонтах минерализованных зон дробления. Вмещающие породы здесь подвергнуты метасоматическому окварцеванию, серицитизации и карбонатизации. Породы интенсивно брекчированы. Руды имеют прожилково-вкрапленную текстуру, в которой рудные обособления достигают 20 мм. Они сложены арсенопиритом II, пиритом III, галенитом, акантитом и аргентитом, антимонитом, иорданитом, теннантитом, тетраэдритом, пруситом, пираргиритом, геокронитом, виттитом. Руды отличаются постоянным присутствием сульфосолей и повышенным содержанием свободного золота (размер до 0,5-1 мм.). При этом пирит и арсенопирит этой стадии практически не содержат золота.

Незначительное распространение руд этой стадии среди минерализованных зон дробления участка Центральный приводит к повышению в таких зонах содержания золота в отдельных пробах до 7-20 и более г/т.

Это же сказывается и на некотором улучшении технологических показателей обогащения этих руд. Количество цианируемого золота в таких участках возрастает до 45-55% [2].

В зависимости от геологического размещения на различных стратиграфических уровнях единой продуктивной толщи Маломырского рудного поля отдельные ассоциации, и тем более разные генерации рудообразующих минералов, проявлены не одинаково, часто они или отсутствуют, или сохраняют редкие реликтовые «доказательства» своего пребывания.

На месторождении Маломыр выделяются первичные и окисленные (полуокисленные) руды. Зона окисления на месторождении распространена крайне неравномерно и гипергенные изменения руд проявлены только в верхней части месторождения; интенсивные изменения отмечаются до глубины 5-15 м, редко больше. В исключительных случаях по трещинам окисление проникает до глубины 55-70 м. Однако граница интенсивно окисленных руд с формированием легкообогатимых окисленных руд (доля цианируемого золота более 70%) во всех случаях не опускается ниже 5,0-5,5 м. В интервале глубин от поверхности до 5-5,5 м широко распространены вторичные гипергенные минералы: гетит, гидрогетит, лепидокрокит, гематит, ярозит, скородит, мансфельдит, ковеллин, гидроксиды и оксиды марганца. Количество неизвлекаемого цианированием золота, находящегося в сульфидах, составляет 1,3-5,8%, в кварце – 1,7-14,7%, в оксидах и гидроксидах железа – 2,6-22,3%.

Минеральный состав смешанных (извлечение цианированием менее 70% золота) и первичных руд минерализованных зон дробления predetermined их технологический тип. Руды упорные: свободного золота 0,6-31,0%, цианируемого 11,4-55,3%, неизвлекаемого цианированием золота в сульфидах 35,0-66,2%, в кварце и в органическом веществе 2,4-16,6%. По степени окисления эти руды являются первичными и смешанными. В связи с чем на месторождении предусматривается, в основном, сложная схема обогащения с использованием автоклавного выщелачивания флотоконцентратов [2]. Однако при получении флотоконцентрата наличие даже незначительного количества органического вещества (до 1%) может существенно снизить возможность извлечения тонкого и ультратонкого золота. Так, при флотации с удалением какой-то части тонкой глинистой фракции происходит относительное увеличение количества органики – до 2%. Органика при флотации становится активной и сорбирует часть тонкого золота, которое, таким образом, становится практически неизвлекаемым. Вероятно, единственно возможный путь извлечения золота из органического вещества – биовыщелачивание. Однако этот способ, успешно применяемый на Олимпиаденском месторождении, в Амурской области в промышленных масштабах пока не применяется.

**Месторождение Албын** также расположено в Верхне-Селемджинском золоторудном районе Ниланской структурно-формационной зоны Монголо-Охотской складчатой системы и локализовано в сводовой части Эльгоканского асимметричного купола. Его северный склон сравнительно крутой (40-45°), южный и восточный – чрезвычайно пологие (5-10°). В пределах Ниланской зоны развиты брахиформные складчато-надвиговые структуры со сложнодислоцированными, падающими под углом 15-35° крыльями. Характерны резко изменчивые углы падения слоистости от 10-20° до 80° и опрокинутый рисунок мелких складок волочения. Складки часто сопровождаются малоамплитудными надвигами и взбросами (устное сообщение Цыпукова).

Площадь рудного поля сложена метаморфизованными в зеленосланцевой фации метаморфизма вулканогенно-осадочными (?) и эффузивными породами основного и кислого состава предположительно палеозойского возраста, прорванными позднемеловыми дайками кислого и основного состава. В строении палеозойского комплекса пород района участвуют (снизу вверх): афанасьевская и тальминская свиты.

К афанасьевской свите относятся метаморфические сланцы разного состава, слагающие сводовую часть Эльгоканской купольной структуры. Для центральной части площади установлено трехчленное деление свиты. Породы афанасьевской свиты претерпели два этапа метаморфизма. Для основных разновидностей пород свиты характерна грубосланцеватая и сланцеватая текстура, порфиробластовые, гранолепидобластовые, лепидогранобластовые структуры. Породы тальминской свиты развиты на севере рудоперспективной площади и представлены метапесчаниками и метаалевролитами с подчиненными прослоями филлитизированных глинистых сланцев. Среди пород тальминской свиты залегают тела метаморфизованных основных пород.

Изменчивые углы падения слоистости от 10-20° до 80° и опрокинутый рисунок складок волочения свидетельствует о широком развитии на площади купола лежащих складок разного порядка, которые часто сопровождаются малоамплитудными надвигами и взбросами. Наиболее интенсивная складчатость с серией межформационных срывов и повышенным рассланцеванием пород проявлена в средней части разреза афанасьевской свиты, где локализованы тела золотоносных метасоматитов и метасоматически измененных сланцев. Судя по разрезам, основные рудные тела локализованы в ядерной части крупных опрокинутых изоклинальных складок. Широко развиты также поперечные складки флексурного типа, выраженные в смене субширотного простираения пород на северо-западное и северо-восточное. Они сопровождаются системой меридиональных и северо-западных разломов с дайками, в основном, среднего состава.

Основные породы участка – кристаллические сланцы разного состава с незначительной примесью органического вещества, претерпевшие неоднократное гидротермально-метасоматическое преобразование, в первую очередь альбитизацию, а затем – локальное окварцевание (до вторичных кварцитов), хлоритизацию, неоднократную серицитизацию и карбонатизацию (последняя стадия метасоматоза: серицит-кварц-карбонатная), с которой связано основное оруденение в пределах месторождения. Окварцевание проявилось не только в интенсивной «пропитке» породы, но и в неоднократном прожилковании. Интенсивная, но

неравномерно проявленная, альбитизация – результат проявления натрового метасоматоза (дорудного для золота).

На месторождении Албын существенную роль играют многочисленные карбонаты. Карбонатизация происходила неоднократно. Можно выделить ряд карбонатов последовательно (или одновременно с некоторым смещением во времени), накладывающихся друг на друга. Кальцит выделяется трех (четырёх?) генераций; кальцит первой генерации связан с метаморфогенным этапом формирования сланцев и входит в состав кварцевых слоев. Последовательная и крайне неравномерная кальцитизация пород – от «пропитки» по массе до тонкопрожилковой минерализации приводит к перераспределению кальция, его частичному замещению или выносу, что обуславливает пористость пород, иногда просто «дырчатость». Наиболее отчетливо это проявлено в интервале с поверхности и до глубины 25-70 м (по разным скважинам). Характерно в отдельных случаях перераспределение кальцита вниз по разрезу с образованием натечных почковидных образований на поверхности трещин скола.

Доломит (наиболее высокотемпературный карбонат) – первый этап наложенной карбонатизации, вероятно, достаточно тесно связанный с альбитом, распространен крайне ограниченно, устанавливается в основном только при микрозондовых исследованиях. Сидерит и анкерит распространены широко и в значительных количествах: до 15-35% – несколько более поздний этап, при этом при смене щелочно-кислотных условий и даже незначительном изменении магнезиальности гидротермов, происходит формирование магнезиальных карбонатов с замещением части железа магнием. Так, микрорентгеноспектральными исследованиями было выявлено «блочное» строение карбоната с последовательным замещением стронциевого (или стронций содержащего) кальцита просто кальцитом, а при увеличении магнезиальности происходит формирование доломита (второй генерации).

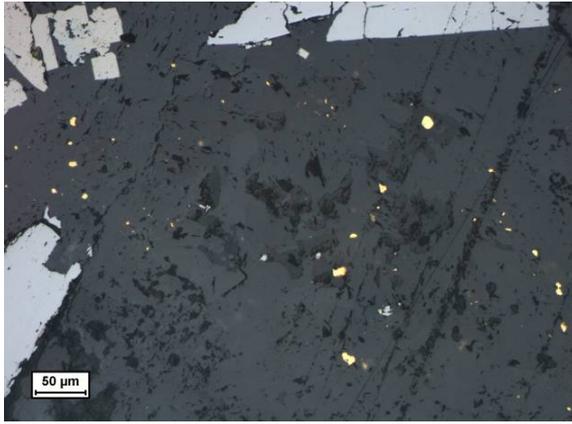
Для всего месторождения характерно очень большое, но неравномерное распределение по разрезу разнообразных сульфидов; арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, который, в основном, вторичный и формируется по пириту, пирротину и арсенопириту при незначительном привносе меди, галенит, сфалерит (последний незначительно), леллингит, арсенолит. Пирротин выделяется двух генераций: пирротин первой генерации «шел» практически одновременно с альбитом (кварц-альбитовый метасоматоз), а пирротин второй генерации образовался во второй этап метасоматоза совместно со слюдисто-хлоритовыми (кварц-слюдисто-хлоритовыми) слоями, залегая в них послойно. Оба пирротина гексагональные, т.е. магнитные.

Широко распространены вторичные минералы, образованные по первичным сульфидам: скородит, мансфельдит, гетит, гидрогетит, лепидокрокит и гематит. При этом вторичные гипергенные минералы образуются не только в приповерхностных условиях (зона окисления), но и на значительных глубинах (до 100-120 и более метров). Несколько более ограниченно распространены сложные сульфосоли свинца, сурьмы, кобальта и др. Характерно их совместное формирование с золотом и локализация в кварцевых и, реже, серицит-кварцевых прожилках.

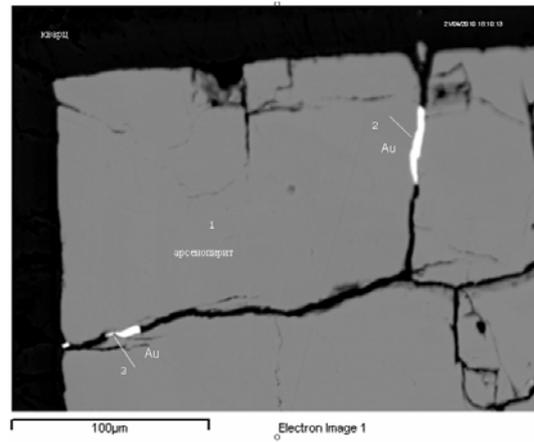
На месторождении Албын, также как и на Маломырском рудном поле, рудные тела близки по вещественному составу. В основном это зоны прожилковой, прожилково-вкрапленной и вкрапленной золото-кварц-сульфидной и золото-кварцевой минерализации.

Формирование золотых руд шло в два основных этапа. В первый этап – этап прожилкового окварцевания (золото-кварц-малосульфидная формация) – происходило формирование кварцевых жил, сложенных молочно-белым кварцем, как правило, друзовидным или гребенчатым. При этом характерно, что золото связано только с жилами и прожилками кварца определенного направления: северо-восточного и восток-северо-восточного. С этим кварцем связано образование свободного самородного разноразмерного золота. Размер такого золота – от долей до 2, редко больше миллиметра. Более крупное золото присутствует в кварце, а золото тонкое, как правило, тоже свободное, тесным образом связано с карбонат-серицит-кварцевым агрегатом (рис. 3) и с арсенопиритом, выполняя в нем трещинки и интерстиции (рис. 4). В отдельных случаях более крупные трещинки в арсенопирите выполнены кварц-серицит-карбонатным агрегатом, в котором также содержится свободное золото очень тонкое и ультратонкое. Кроме того, значительная часть тонкодисперсного золота локализована в железистых (сидерите), а чаще – в железисто-марганцевых (анкерите или олигоните) карбонатах, совместно с арсенопиритом выполняющих тонкие прожилки в кварце или в серицит-кварц-карбонатном агрегате (рис. 5). Это так называемое «остаточное» золото, кристаллизация которого происходила на завершающей стадии золоторудного процесса. Это золото в основном связано с последним этапом гидротермально-метасоматической деятельности на площади Албынского месторождения – с неполно проявленной березитизацией (серицит-кварц-карбонатным метасоматозом).

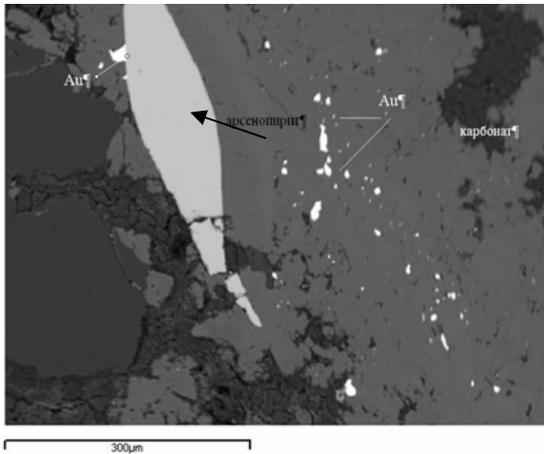
На некоторых участках месторождения, как правило, на небольших глубинах – 50-60 м в самом золоте отмечается незначительная примесь ртути, максимальное количество которой – 1,5 – 1,6% и сурьмы (доли процента). Кроме того, в центральной части месторождения (район будущего карьера) в золоте отмечается незначительное количество примеси цинка и свинца, а в шлихах характерно большое количество галенита и меньшее сфалерита. В западной части месторождения типичны для золота иные примеси. Здесь фиксируется (также незначительное количество – первые проценты и доли процента) титан; отмечаются единичные сростки золота с высокожелезисто-титанистым образованием – (интерметаллид ? - рис. 6).



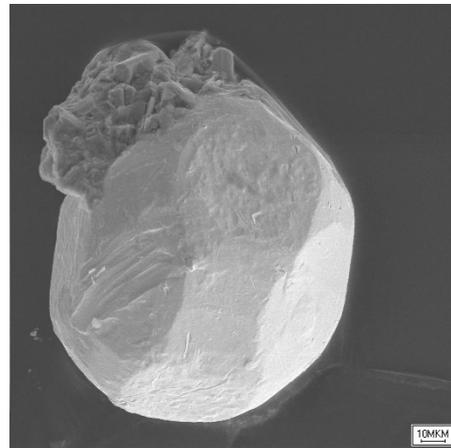
**Рис. 3. Тонковкрапленное самородное золото в карбонат-слодисто-кварцевом агрегате. Растровый электронный микроскоп**



**Рис. 4. Тонкое самородное золото, выполняющее трещинки в арсенопирите. Изображение в обратно рассеянных электронах**



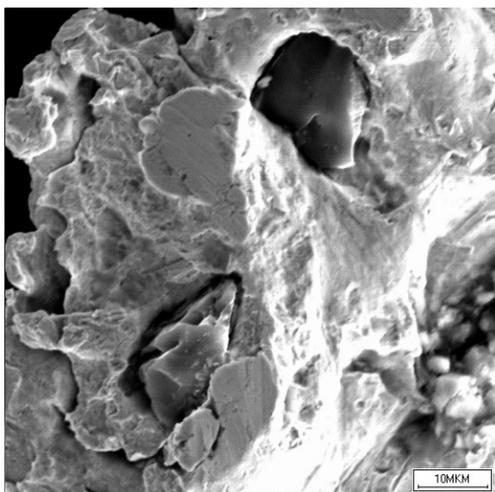
**Рис. 5. Свободное золото в железистом карбонате с примесью марганца (анкерит или олигонит). Изображение в обратнорассеянных электронах**



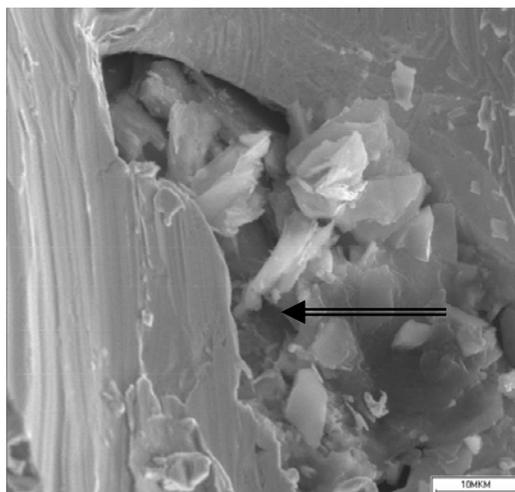
**Рис.6. Общий вид сростка золотины с высокожелезисто-титанистым образованием (возможно, интерметаллид). Растровый электронный микроскоп**

Учитывая, что на восточном и западном флангах месторождения отмечаются различные минеральные ассоциации рудных минералов, можно предположить, что и золотое оруденение здесь было различное – разные фазы единого этапа оруденения. Так, золото на восточном фланге связано, скорее всего, с более низкотемпературной фазой (галенит – сфалерит – арсенопирит предположительно второй генерации) – последняя (третья ?) подстадия рудной стадии. Оруденение на западном фланге, видимо, было связано с несколько более высокотемпературной подстадией рудного процесса. Здесь характерно значительное количество магнетита, титаномагнетита, совершенно другого арсенопирита – многочисленные прожилки сложного состава (в арсенопирите отмечается примесь пирита, скородита, оксида мышьяка – арсенолита, марказита, фармакосидерита, вендвильсонита, фимпсборнита, клаудетита).

Электронно-микроскопическим анализом установлено, что значительная часть золотинок содержит включения кварца. При этом складывается впечатление (судя по четким кристаллографическим формам кварца), что кристаллизация кварца происходила несколько раньше кристаллизации самого золота. При кристаллизации золота происходил «захват» уже сформированных кристаллов кварца – так называемый минералогический типоморфизм таких золотинок (рис. 7). Однако отмечается и иная картина – последующее выполнение полостей в золотишке кварцевым агрегатом; кварц расщепленный, не имеющий четких кристаллографических очертаний (рис. 8).

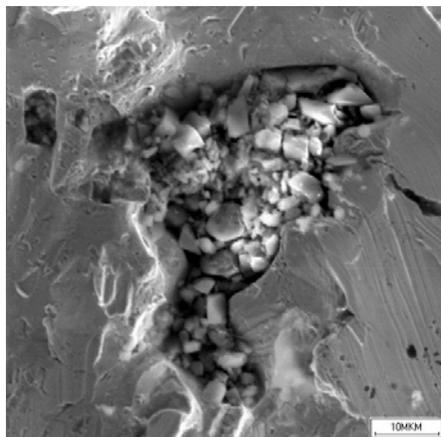


**Рис. 7. Включения кристаллов кварца в золотинке. Растровый электронный микроскоп**



**Рис. 8. На рисунке видно углубление на поверхности золотины с более поздними образованиями кварца (расщепленного). Растровый электронный микроскоп**

Кроме того, ни на одном из ранее изученных нами золоторудных объектах никогда не наблюдалось включение сульфидов в золоте (рис. 9). Как правило, отмечалась обратная картина – золото в пирите или арсенопирите. Однако во многих пробах, отобранных из руд только с восточной части залежи, отмечаются многочисленные включения арсенопирита и пирита в полостях золотинок (возможно, образовавшихся на месте газовой-жидких включений). Видимо, их образование также обусловлено «захватом» при кристаллизации золота. В этом случае золотое оруденение предвляло интенсивную сульфидизацию пород. «Инкрустация» сульфидами происходила уже сформировавшегося золотого оруденения (первый этап рудообразования?).



**Рис. 9. Полость в золотине, выполненная арсенопирит-пиритовым микроагрегатом. РЭМ**

Зона окисления на месторождении Албын имеет, в основном, линейно-площадной характер; мощность ее варьирует от 5-7 до 55 м., достигая иногда 80 м. Как правило, извлечение золота при кучном выщелачивании существенно зависит от степени проработки коры выветривания (зоны окисления), что неоднократно было установлено при изучении месторождений Пионер, Покровское, Маломыр. Однако при проведении технологических испытаний малообъемных проб золотых руд (до 500 кг) как окисленных, так и первичных, было установлено, что распространение зоны окисления и особенности ее гипергенной проработки практически не влияет на степень извлечения золота. В процессе выщелачивания извлечение золота происходит практически идентично как из окисленных, так и из первичных руд (до 90-95%). Видимо, это обусловлено тем, что практически все золото на месторождении Албын: от нанометрового до относительно крупного, свободное, а тонкое и дисперсное (включая нанометровое) золото связано в значительной степени с легко выщелачиваемыми карбонатами, можно предположить, что извлекаться оно будет достаточно хорошо.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Н.Г., Ожогин Д.О., Ожогина Е.Г., Орлова Н.И. Минералогия первичных и вторичных руд золота месторождения «Маломыр» // Золото и технологии. 2009. №3. С. 40-47.

2. Власов Н.Г., Дмитренко В.С. и др. Приамурская золоторудная провинция // Золоторудные месторождения России. М., 2010. С. 187-213.
3. Моисеенко В.Г., Эйриш Л.В. Золоторудные месторождения Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1996. 352 с.
4. Ожогин Д.О. Наноминералогические особенности прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд месторождения Маломыр. М.: ВИМС, 2009. 120 с.
5. Степанов В.А., Мельников А.В. Перспективы золотого оруденения Приамурской провинции // Минералогические исследования и минерально-сырьевые ресурсы России: Материалы годичного собрания РМО. М., 2007. С. 134-136.

## МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД ЮБИЛЕЙНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Горбатова Е.А.*

ГОУ ВПО «МГТУ», Магнитогорск

Интенсивное развитие горной промышленности Южного Урала привело к сокращению запасов медно-цинково-колчеданных руд. Расширение минерально-сырьевой базы горных предприятий возможно за счет вовлечения в переработку отвалных горных масс и отходов обогатительного передела. В связи с этим главной задачей исследования является оценка технологических свойств хвостов обогащения колчеданных руд на предмет извлечения из них ценных компонентов.

Юбилейное месторождение локализуется на западном крыле Магнитогорского мегасинклинория, в северной части Бурибайского рудного района и залегает в сложной вулканической постройке, представляющей собой несколько сближенных базальтовых куполов, осложненной кальдерой [1].

Геологический разрез месторождения представлен вулканогенными породами баймак-бурибаевской и ирендкской свит, вулканогенно-осадочными образованиями улутауской свиты и флишными отложениями зилаирской свиты [3]. Основное оруденение приурочено к зоне контакта спилитовой и дацитовой толщ баймак-бурибаевской свиты. Вмещающие породы претерпели гидротермально-метасоматические преобразования с формированием окорудного ореола измененных пород. Руды относятся к сфалерит-халькопирит-пиритовому минеральному типу с соотношением меди к цинку 2:1.

Медно-цинково-колчеданные руды Юбилейного месторождения обогащают флотационным способом с получением медного и цинкового концентратов. К отходам обогатительного передела относятся текущие хвосты обогащения, складываемые в хвостохранилище.

Хвосты обогащения по степени литификации являются несвязным глинисто-песчаным алевритом (рис. 1), их гранулометрический состав в среднем на 56,7% представлен частицами крупности -100+10 мкм и на 23% и 20,3% - частицами крупности +100 мкм и -10+0 мкм соответственно (табл. 1).

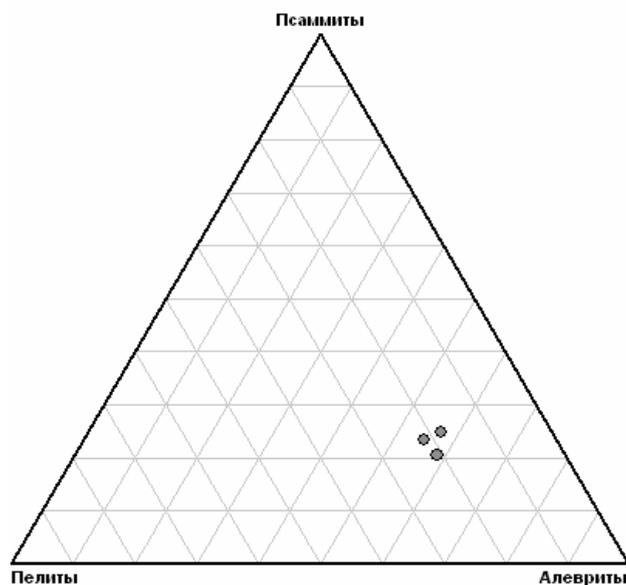


Рис. 1. Гранулометрический состав текущих хвостов обогащения по классификационной схеме Азербайджанского филиала АН СССР [2]